

北村モデルにおける入力パラメータとそれらの決定方法

元鹿児島大学大学院 正会員 〇川畑健祐
 鹿児島大学大学院 正会員 山田満秀
 鹿児島大学大学院 正会員 北村良介
 鹿児島大学大学院 正会員 酒匂一成

1. はじめに

北村らは確率・統計を援用した不飽和土質力学の体系化を提案し¹⁾、その補遺・修正を続けている^{2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9)}。以下、確率・統計を援用した不飽和土質力学で使われる数値力学モデルを北村モデルと称することにする。

本稿では、北村モデルで用いられる入力パラメータとそれらの具体値を求める手法について考察を加えている。

2. 入力パラメータとそれらの決定方法

北村モデルで用いられている基本物理量は粒径加積曲線と間隙比であり、保水・透気・透水・変形・強度特性を解析するために必要な土質試験は粒度試験、土粒子密度試験、含水比試験、湿潤密度試験である。保水・透気・透水特性のモデル化には擬似飽和度・残留飽和度が追加され、これらの物理量は締固め試験、最大・最少密度試験から決定される^{10), 11)}。変形・強度特性を解析するためにはせん断試験から得られる平均粒子間摩擦係数が必要である¹²⁾。

2.1 粒径分布 (確率密度関数)

粒径分布は粒径加積曲線から得られる。北村モデルでは粒度試験から得られる粒径加積曲線を対数正規分布で近似している。対数正規分布を規定する分布パラメータは平均 μ と標準偏差 σ の2つである。すなわち、粒径分布は対数正規分布で近似され、入力パラメータは平均 μ と標準偏差 σ の2つとなる。ミクロポア・マクロポアを有するシルトや粘土に対しては粒径加積曲線を平均と標準偏差が異なる2つの対数正規分布で近似することが可能である。

2.2 間隙径分布 (確率密度関数)

宇野ら¹³⁾の実験結果より間隙径分布も粒径分布と

同じく対数正規分布で近似され、その変動係数は粒径分布のそれと等しいと仮定する (すなわち、片対数紙上で累積間隙径分布は粒径加積曲線を平行移動することによって得られる) と、粒径分布の変動係数と間隙比という2つの既知量から間隙径分布 (対数正規分布) を規定する2つの分布パラメータを求めることができる。間隙比は土粒子密度試験、含水比試験、湿潤密度試験から求められる。

2.3 接点角分布 (確率密度関数)・管の傾き分布 (確率密度関数)

作製された供試体の初期接点角分布は Oda¹⁴⁾ の実験結果より五角形分布と仮定している。五角形分布を規定する分布パラメータは1つであり、北村モデルでは五角形分布の最大高さと最小高さの比を1:3としている (すなわち、 $\zeta_c = 1/(2\pi)$ ¹⁾)。基本粒状体モデル¹⁾における確率変数の一つである管の傾き分布は接点角分布と同じ五角形分布であると仮定している。図-1は土粒子骨格構造と間隙構造の確率密度関数導出の過程を示したものである。

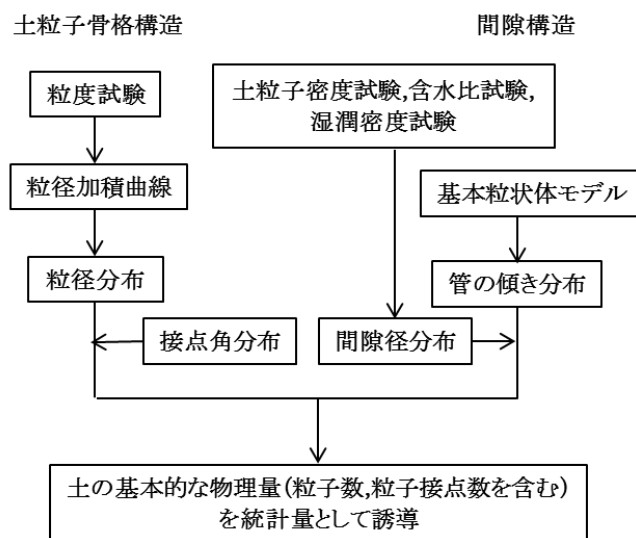


図-1 確率密度関数の導出

キーワード：不飽和土, 確率・統計, 力学モデル

e-mail : kitamura@oce.kagoshima-u.ac.jp

連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1丁目21-40

Tel.099-285-8473 Fax.099-258-1738

2.4 その他のパラメータ

残留飽和度・擬似飽和度は締固め曲線から決定する方法を提案している⁹⁾。締固め曲線は、突固めによる土の締固め試験により求めることができる。平均粒子間摩擦係数は松岡・中井¹⁵⁾が提案したSMP上でのストレス・ダイレイタンスー関係の縦軸切片の値を採用している。保水・透気・透水特性に関連して間隙水の表面張力・粘性係数、間隙空気の粘性係数が必要であり、理科年表に掲載された値を現時点では用いている。

3. おわりに

北村モデルの入力パラメータとそれらの決定方法を説明した。粒径分布・間隙径分布・接点角分布・管の傾き分布である確率密度関数については、CTスキャンの画像処理技術の進歩等により上記の仮定の妥当性を検討することが可能になると期待される。また、不飽和土供試体を用いた各種土質試験法の改善、実地盤での土中水分量・サクション・地表面変位等の精度のよいモニタリングデータの集積により北村モデルの精度の向上を図っていきたい。

謝辞：本研究に対して文科省科研費（基盤（A）、課題番号：22246064（代表：安福規之））の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村良介・酒匂一成・荒木功平・宮本裕二：確率・統計を援用した不飽和土質力学の体系化、土木学会論文集C、Vol.66, No.3, pp.498-515, 2010.
- 2) 小田川隼祐・山田満秀・北村良介：確率・統計を援用した不飽和土質力学について（その1：基本物理量の導出）、平成22年度土木学会西部支部研究発表会、III-71, pp.445-446, 2011.
- 3) 北村良介・小田川隼祐・山田満秀：確率・統計を援用した不飽和土質力学について（その2：粒子数・接点数）、平成22年度土木学会西部支部研究発表会、III-72, pp.447-448, 2011.
- 4) 小田川隼祐・稲垣祐輔・山田満秀・北村良介：確率・統計を援用した不飽和土質力学について（その3：代表粒径）、第46回地盤工学研究発表会、pp.707-708、2011.

- 5) 山田満秀・稲垣祐輔・小田川隼祐・北村良介：確率・統計を援用した不飽和土質力学について（その4：外力による粒子間力・粒子間応力）、第46回地盤工学研究発表会、pp.709-710、2011.
- 6) 北村良介・稲垣祐輔・小田川隼祐・山田満秀：確率・統計を援用した不飽和土質力学について（その5：表面張力・自重による粒子間力・粒子間応力）、第46回地盤工学研究発表会、pp.711-7102、2011.
- 7) 北村良介・山田満秀・川畑健祐：潜在すべり面の概念の不飽和土への適用、第47回地盤工学研究発表会、2012（投稿中）.
- 8) 宮本裕二・山田満秀・酒匂一成・荒木功平・北村良介：締固め曲線を考慮した水分特性曲線の数値力学モデル、応用力学論文集、土木学会、2012（投稿中）.
- 9) 北村良介・山田満秀・川畑健祐・稲垣祐輔・荒木功平：不飽和土の変形挙動のモデル化、応用力学論文集、土木学会、2012（投稿中）.
- 10) 越石暁・小田川隼祐・北村良介・荒木功平：不飽和土の締固め特性と残留飽和度・擬似飽和度について、平成22年度土木学会西部支部研究発表会、pp.305-306、2011.
- 11) 越石暁・小田川隼祐・荒木功平・山田満秀・北村良介：締固め曲線と残留飽和度・擬似飽和度の関係、第46回地盤工学研究発表会、pp.705-706、2011.
- 12) 山田満秀・北村良介・川村宗範・大村竜司：粒子間応力の斜面安定問題への適用、第47回地盤工学研究発表会、2012（投稿中）.
- 13) 宇野尚雄，神谷浩二，田中宏路：「空気圧入法」と「水分法」による砂の間隙径分布，土木学会論文集，No.603/III-44，pp.35-44，1998.
- 14) Oda, M.: Initial fabric and their relations to mechanical properties of granular material, *Soils and Foundations*, Vol.12, No.1, pp.17-36, 1972.
- 15) Matsuoka, H. and Nakai, T. : Stress-deformation and strength characteristics of soil under three different principal stresses, *Proc. Japan Society of Civil Engineers*, 232, pp.59-70, 1974.